نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۴۶۴-۴۵۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 4, Winter. 2021, p. 451-464

مقاله پژوهشی

اثر کنترل علف‌های‌هرز بر رشد و عملکرد محصول در کشت مخلوط افزایشی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) و سیب‌زمینی (*Solanum tubersum* L.)

محمد جلالی[۱]، سید وحید اسلامی[۲*]، سهراب محمودی[۲]، احمد آئین[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر کنترل علف‌های‌هرز بر رشد و عملکرد محصول کینوا در کشت مخلوط افزایشی کینوا و سیب‌زمینی، به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه جیرفت و کهنوج در سال ۱۳۹۷ انجام پذیرفت. تیمارهای کنترل علف‌های‌هرز (عدم کنترل (شاهد)، وجین‌دستی و کاربرد علف‌کش پاراکوات) در کرت اصلی و تیمارهای کشت مخلوط افزایشی کینوا: سیب‌زمینی با تراکم‌های ۵:۵، ۵:۱۰، ۵:۱۵، ۵:۲۰ و۵:۳۰ بوته در مترمربع همراه با کشت‌های خالص کینوا (۳۰ بوته در متر مربع) و سیب‌زمینی (۵ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ، زمان گلدهی، زمان بلوغ سنبله، زمان برداشت، میانگین بذر در بوته، عملکرد کینوا، عملکرد سیب‌زمینی و شاخص نسبت برابری زمین (LER) مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج، شاخص‌های رشدی و عملکرد کینوا در شرایط آب و هوایی کهنوج بیش‌تر از جیرفت بود. هم‌چنین، با وجود تأثیر مثبت هر دو روش کنترل علف‌های‌هرز بر شاخص‌های مورد بررسی، تأثیر وجین‌دستی علف‌هرز در بهبود رشد و عملکرد کینوا بیش‌تر از علف‌کش پاراکوات بود. کشت مخلوط موجب افزایش معنی‌دار تعداد برگ در بوته، سطح برگ و میانگین بذر در هر بوته و کاهش میزان تراکم علف‌های‌هرز گردید. به‌طوری‌که بیش‌ترین (۱۹ گرم) و کم‌ترین (۱۳/۹ گرم) میانگین وزن بذر در بوته به‌ترتیب در تیمارهای کشت مخلوط با تراکم‌های ۵:۲۰ بوته و ۵:۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد. با این وجود بیش‌ترین میزان عملکرد بذر کینوا (۴۹۵۷ و ۴۸۶۳ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص کینوا و کشت مخلوط با تراکم‌های ۵:۳۰ بوته در مترمربع حاصل شد. هم‌چنین، با افزایش تراکم در کشت مخلوط، میزان عملکرد غده سیب‌زمینی و شاخص LER کل افزایش یافت. بیش‌ترین میزان LER کل تحت تیمار کشت مخلوط ۳۰:۵ بوته در مترمربع در کهنوج حاصل گردید. در مجموع بهترین نتایج در تیمار کشت مخلوط۵:۳۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد که قابلیت توصیه به کشاورز در دو منطقه جیرفت و کهنوج را دارد.

واژه‌های کلیدی: پاراکوات، تراکم علف‌های‌هرز، سیستم چندکشتی، کشت خالص، وجین‌دستی

مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) گیاهی یک‌ساله، دو لپه، آلوتتراپلوئید (2n=4x =36) و خودگرده‌افشان (دگرگرده‌افشانی در آن ۱۰ تا ۱۷ درصد) از خانواده تاج‌خروسیان[۴] و زیر خانواده اسفناجیان[۵] بوده که جزو شبه‌غلات تقسیم‌بندی می‌شود (Adolf *et al*., 2012; González *et al*., 2015; Gomez Pando *et al*., 2015; Tavoosi *et al*., 2017). منشأ آن کوه‌های آند در آمریکای جنوبی می‌باشد و به‌عنوان محصولی دانه‌ای با سازگاری وسیع و ارزش غذایی و بیولوژیکی فراوان بوده که در کشورهای آمریکای جنوبی به "خاویار سبز" معروف است (Tavoosi *et al*., 2017; Walters *et al*., 2016). بذر کینوا منبعی غنی از عناصر غذایی، فیبر و پروتئین (۱۲/۹ تا ۱۶/۵ درصد) است که توانایی تأمین همه ۱۰ اسیدهای آمینه ضروری برای انسان را دارا می‌باشد؛ هم‌چنین در مقایسه با جو (*Hordeum vulgare* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) دارای کلسیم، فسفر و آهن بیش‌تری است (Vega-Gálvez *et al*., 2010; Bastidas *et al*., 2016). در سال‌های اخیر به‌دلیل ارزش غذایی بالای آن در سرتاسر دنیا مقبولیت و تقاضا پیدا کرده است، که این افزایش تقاضا منجر به گسترش تولید آن در کشورهای مختلف شده است (Walters *et al*., 2016). تأثیرپذیری عمده محصولات زراعی از خشکی باعث رونق کینوا شده و در عین حال این گیاه، ضمن سازگاری با شرایط نامساعد محیطی، دارای پتانسیل بالای رشد و کاهش عملکرد کمتری در قیاس با سایر محصولات می‌باشد (Shahbazian *et al*., 2007). کینوا در ایران گیاهی جدید به‌شمار می‌رود و امکان کشت و تولید محصول مناسب آن در جنوب کرمان

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت
(*- نویسنده مسئول: Email: sveslami@birjand.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.37173.0
4- Amaranthaceae
5- Chenopodiaceae

(جیرفت و کهنوج)، خوزستان، کرج و بلوچستان گزارش شده است (Sepahvand *et al*., 2011)؛ و از نظر تولید به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و امنیت غذایی خواهد شد (Jamali *et al*., 2016).

علف‌های‌هرز یکی از عوامل کاهش عملکرد محصولات زراعی قلمداد می‌شوند؛ به‌طوری‌که در جذب نور، آب و مواد غذایی با محصولات زراعی در رقابت می‌باشند که این رقابت پایدار معمولاً منجر به کاهش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی می‌گردد (Guglielmini *et al*., 2017; Lowry and Smith, 2018). از یک‌سو غیریکنواخت بودن دوره‌ی رویش علف‌های‌هرز در طول فصل رشد و متفاوت بودن زمان رسیدن آن‌ها به حداکثر رشد (Liebman *et al*., 2004; Anderson, 2005)، کنترل علف‌های‌هرز را نیازمند چندین مرحله استفاده از علف‌کش‌ها کرده و از سوی دیگر اعتماد بیش‌تر کشاورزان به علف‌کش‌ها و عدم تمایل آن‌ها به استفاده از روش‌های مکانیکی و زراعی جهت کنترل علف‌های‌هرز کرده است (Bond and Lenartsom, 1999). بنابراین، لزوم استفاده از تمام شیوه‌های مدیریتی کنترل علف‌های‌هرز بیش از پیش ضروری به‌نظر می‌رسد. از این‌رو، سیستم کشت مخلوط در آفریقا، آمریکای جنوبی و بخشی از آسیا رایج شده است (Korres, 2018). سیستم کشت مخلوط شامل کشت دو یا تعداد بیش‌تری از گونه‌های گیاهی (یا ژنوتیپ) است که به‌طور هم‌زمان (یا تا حدی هم‌زمان) در یک مزرعه تولید می‌یابند، که این همزیستی در کشت مخلوط به‌نوعی متمایزکننده‌ی کشت مخلوط از کشت چرخشی و تک کشت آمیخته می‌باشد (Li *et al*., 2013). از جمله مزایای کشت مخلوط می‌توان به افزایش کمیت و کیفیت محصول (Putnam and Allan, 1992)، کاهش رشد علف‌های‌هرز (Korres, 2018) و کاهش مصرف سموم شیمیایی اشاره نمود. با توجه به مزایای کشت مخلوط، ارزش غذایی بالای کینوا و جدید بودن این محصول در ایران، این مطالعه با هدف بررسی اثر کشت مخلوط افزایشی دو گیاه کینوا و سیب‌زمینی و روش کنترل علف‌های‌هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول کینوا و میزان رشد علف‌های‌هرز در دو منطقه جیرفت و کهنوج طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه جیرفت (با عرض جغرافیایی ۲۶ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۰۰ متری از سطح دریا) و کهنوج (با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲ دقیقه شرقی با ارتفاع ۵۰۵ متری از سطح دریا) در سال ۱۳۹۷ به مرحله اجرا درآمد. اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی دو منطقه در جدول ۱ ارائه شده است. تراکم بهینه سیب‌زمینی ۵/۳ تا ۶/۶ بوته در متر مربع (Hassanpanah *et al*., 2018) و کینوا ۳۰ بوته در متر مربع (Wang *et al*., 2020) گزارش شده است. در این تحقیق، تیمارهای کنترل علف‌های‌هرز شامل عدم کنترل (شاهد)، وجین‌دستی (دوبار در طی۳۰ روز پس از کشت) و کاربرد علف‌کش تماسی پاراکوات (سه روز پس از کشت کینوا به میزان سه لیتر در هکتار) در کرت اصلی و تیمارهای کشت مخلوط افزایشی کینوا: سیب‌زمینی با تراکم‌های ۵:۵ (D5)، ۵:۱۰ (D10)، ۵:۱۵ (D15)، ۵:۲۰ (D20) و ۵:۳۰ (D30) بوته در مترمربع و کشت‌های خالص کینوا رقم تی‌تی‌کاکا (MQ) (۳۰ بوته در مترمربع) و سیب‌زمینی رقم سانته (MP) (با تراکم ۵ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی قرار داده شد و تأثیر آن بر رشد و عملکرد کینوا در دو منطقه جیرفت و کهنوج بررسی گردید. به‌منظور ایجاد بستر مناسب بذر، در اوایل پاییز قبل از کاشت، زمین محل انجام آزمایش در هر دو منطقه تا عمق ۳۰ سانتی‌متر شخم زده شد و به‌منظور خرد کردن کلوخ‌ها و از بین بردن علف‌های‌هرز دو دیسک سطحی و عمود بر هم زده شد و در مرحله‌ی بعد از لولر جهت تسطیح زمین استفاده گردید. کشت غده‌های سیب‌زمینی (به‌عنوان کشت پایه) ضدعفونی شده با قارچ‌کش مانکوزب (با غلظت سه در هزار) در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک و فاصله ۲۵ سانتی‌متری از همدیگر روی ردیف‌های کشت و فاصله بین ردیف‌های کشت ۷۵ سانتی‌متر انجام پذیرفت. بذور کینوا رقم تیتیکاکا (رقم زودرس، بسیار متحمل به شرایط نامطلوب محیطی از جمله شوری، خشکی و سرما)، از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان تهیه گردید و در فواصل ردیف‌های کاشت سیب‌زمینی بسته به تراکم مورد نظر کشت گردید. کشت غده‌های سیب‌زمینی در جیرفت و کهنوج به‌ترتیب در تاریخ‌های ۵ و ۸ دی‌ماه و کشت کینوا با تأخیر پنج روزه نسبت به کشت سیب‌زمینی در هر دو منطقه (در تاریخ‌های ۱۰ دی‌ماه در جیرفت و ۱۳ دی‌ماه در کهنوج) انجام پذیرفت. آبیاری گیاهان به‌صورت قطره‌ای و بسته به مراحل رشد و نمو با دور ۳ تا ۷ روز انجام پذیرفت. پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در هر کرت تعداد پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد برگ و سطح برگ اندازه‌گیری شد. تعداد روز تا رسیدن به گل‌دهی بر اساس ۵۰ درصد جمعیت گیاهی هر کرت با مشاهده چشمی ثبت و به‌عنوان روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی گزارش گردید. زمان بلوغ گیاه به‌عنوان مرحله‌ای از رشد که در آن کینوا تمام نمو خود شامل تولید بذر برای بقاء انجام داده باشد، به‌عنوان روز تا بلوغ ثبت شد. زمان برداشت کینوا با زرد و خشک‌شدن سنبله مشخص گردید. پس از حذف اثر حاشیه، سنبله‌های کینوا برداشت و عملکرد کینوا پس از جداسازی بذرها از سنبله‌ها محاسبه گردید. جهت تعیین تراکم علف‌های‌هرز، نمونه‌برداری در هر کرت با استفاده از یک

کوآدرات یک مترمربعی در دو زمان گل‌دهی و قبل از برداشت انجام پذیرفت.

جدول ۱- آمار هواشناسی مربوط به دو محل کشت
Table 1- Meteorological data at two planting regions

منطقه کاشت Planting region	ماه Month	میانگین دما Mean temperature (C°)	مجموع ساعات آفتابی در ماه Sum of monthly number of sunny hours	بارش ماهانه Monthly precipitation (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	تبخیر ماهیانه Monthly evaporation (mm)
جیرفت Jiroft	دی 21 Dec- 19 Jan	15.9	208.9	0	50.6	110.1
	بهمن 20 Jan – 18 Feb	15.0	174.7	70.6	58.4	109.1
	اسفند 19 Feb- 20 Mar	17.5	215.9	62.1	60.0	147.3
	فروردین 21 Mar – 20 Apr	25.1	227.6	55.5	43.0	212.9
کهنوج Kahnuj	دی 21 Dec- 19 Jan	17.3	238.1	1.9	52.2	125.2
	بهمن 20 Jan – 18 Feb	16.3	195.1	48.9	58.8	102.3
	اسفند 19 Feb- 20 Mar	18.4	223.5	158.5	64.8	152.8
	فروردین 21 Mar – 20 Apr	26.3	259.3	21.1	44.9	226.3

برای ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) مجموع کل نسبت‌های عملکرد هر محصول در سیستم کشت مخلوط به عملکرد آن تحت سیستم کشت خالص طبق رابطه (۱) محاسبه شد (Afe and Atanda, 2015).

$$LER = Y_{ab} / Y_{aa} + Y_{ba} / Y_{bb} \qquad (۱)$$

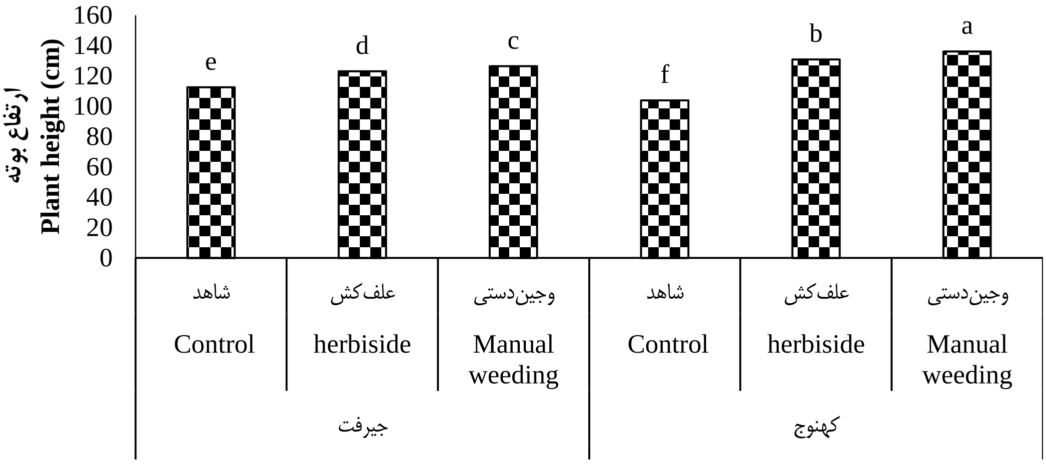
در این رابطه Y_{ab} عملکرد سیب‌زمینی در کشت مخلوط با کینوا، Y_{aa} عملکرد سیب‌زمینی در کشت خالص، Y_{ba} عملکرد کینوا در کشت مخلوط با سیب‌زمینی و Y_{bb} عملکرد کینوا در کشت خالص می‌باشد.
تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌صورت تجزیه مرکب و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال پنج درصد و ترسیم نمودارها و اشکال با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته کینوا

شاخص ارتفاع بوته کینوا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر منطقه کشت، کنترل علف‌هرز و برهمکنش منطقه کشت × کنترل علف‌هرز قرار گرفت ($P≤0.01$) (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی منطقه کشت، ارتفاع بوته کینوا در کهنوج بیش‌تر از جیرفت بود (جدول ۳)، که این اختلاف ارتفاع بوته احتمالاً به‌دلیل تفاوت مشاهده‌شده در تراکم و فلور علف‌های‌هرز در دو مکان مورد مطالعه و هم‌چنین اختلاف درجه حرارت، میزان بارندگی و ساعات آفتابی در دو منطقه می‌باشد (جدول ۱)، که هر دو عامل می‌تواند شاخص‌های مختلف رشدی گیاه از جمله ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار دهد. براساس داده‌های اقلیمی، میانگین دما، میزان بارش و ساعات آفتابی در کهنوج در طی زمان اجرای این پژوهش بیش‌تر از جیرفت بود. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی کنترل علف‌هرز نشان داد که انجام عملیات وجین‌دستی علف‌هرز موجب افزایش ارتفاع بوته به‌ترتیب به‌میزان ۲۱/۴ و ۳/۴۵ درصد نسبت به تیمارهای عدم کنترل علف‌های‌هرز (شاهد) و کاربرد علف‌کش گردید (جدول ۴). هم‌چنین بررسی برهمکنش منطقه کشت × کنترل علف‌هرز نشان داد که ارتفاع بوته‌های رشد کرده در کهنوج تحت عمل وجین‌دستی علف‌هرز به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از دیگر تیمارها بوده است، به‌طوری‌که کنترل علف‌هرز با روش وجین‌دستی در کهنوج منجر به افزایش ۳۱ درصدی ارتفاع بوته کینوا نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌هرز (شاهد) در همین محل کشت گردید (شکل ۱). مصرف علف‌کش پاراکوات در هر دو منطقه نیز نسبت به شاهد شرایط بهتری را ایجاد کرد و موجب ارتفاع بوته بیش‌تری در گیاهان کینوا نسبت به شاهد شد. درحالی‌که

در تیمار شاهد ارتفاع بوته کینوا در جیرفت بیش‌تر از کهنوج گردید؛ که می‌تواند به‌دلیل توان رقابتی بیش‌تر فلور علف‌های‌هرز موجود در کهنوج نسبت به جیرفت باشد (شکل ۱). قابل ذکر است گونه‌های علف‌هرز غالب موجود در مزرعه جیرفت شامل پنیرک (*Malva sylvestris* L.)، مرغ (*Cynodon dactylon* L.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، عروسک پشت‌پرده (*Physalis alkekengi* L.)، اویارسلام (*Cyperus rotundus* L.)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.)، فرفیون (*Euphorbia helioscopia* L.)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و در کهنوج شامل مرغ، پنیرک، اویارسلام، خرفه، سلمه‌تره، تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، کینوای وحشی، فرفیون و قیاق (*Sorghum halepense* L.) بودند.



شکل ۱- اثر متقابل منطقه **کشت و کنترل علف‌هرز بر ارتفاع بوته کینوا**

*- میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر زمان با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 1- The interaction effect of planting region and weed control on quinoa plant height

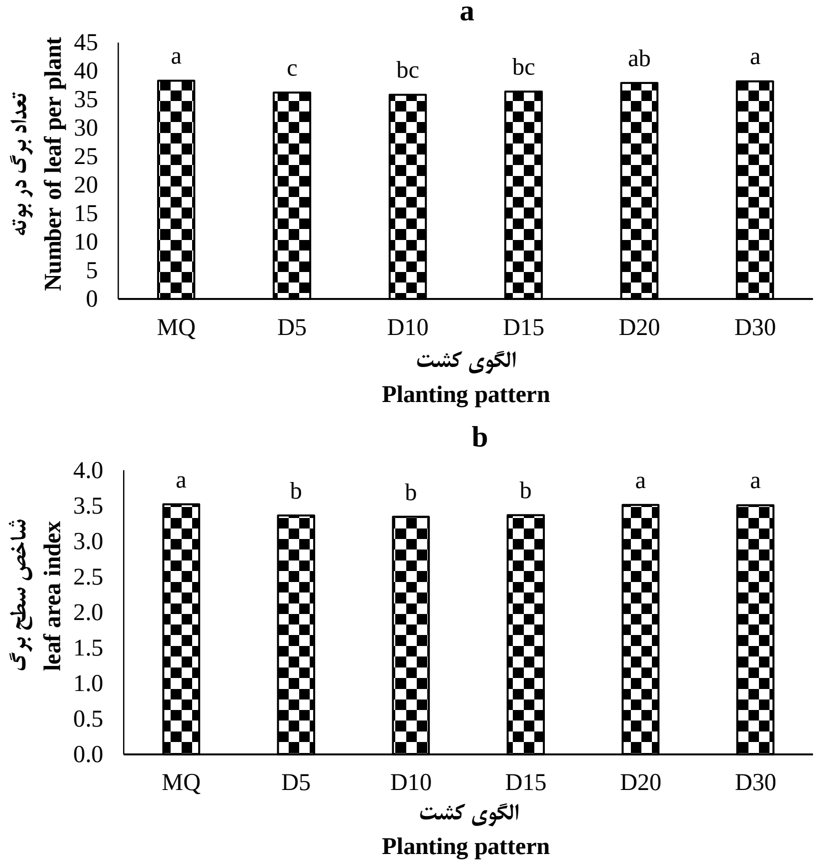
Means with the same letters are not significantly difference according to LSD test at p<0.05.

نتایج پژوهش‌های مختلف نیز نشان‌دهنده‌ی تأثیر منفی رقابت علف‌های‌هرز با گیاهان زراعی بر میزان شاخص‌های مختلف رشدی گیاه زراعی از جمله ارتفاع گیاه می‌باشد. در این مورد کاهش شاخص‌های مختلف رشدی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در اثر رقابت با علف‌های‌هرز (Seyedi *et al*., 2014) و کاهش ارتفاع و سرعت رشد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در نتیجه افزایش طول دوره رقابت علف‌های‌هرز (Ahmadi *et al*., 2004)، گزارش شده است. علف‌های‌هرز از یک سو از طریق سایه‌اندازی و کاهش میزان نور در دسترس گیاه زراعی و یا از طریق تولید برخی مواد شیمیایی آللوپاتیک رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Jabran and Chauhan, 2018) و از سوی دیگر رقابت بین علف‌های‌هرز و گیاهان زراعی در استفاده از منابع غذایی موجود، منجر به کاهش منابع غذایی در دسترس گیاه و به‌تبع آن کاهش رشد و ارتفاع گیاه زراعی خواهد شد (Zimdahl, 2007). هرچند ارتفاع گیاهان در کشت مخلوط می‌تواند تحت تأثیر گونه گیاهی و تراکم کاشت قرار گیرد؛ با این وجود، در پژوهش حاضر ارتفاع کینوا تحت تأثیر الگوی کشت (تراکم کاشت) قرار نگرفت که با نتایج گزارش شده در کشت مخلوط ذرت و سلوسیا (*Celosia argentea* L.) مطابقت دارد (Makinde *et al*., 2009). سرعت رشد کینوا بسته به مرحله رشدی متفاوت می‌باشد، به‌طوری‌که سرعت رشد کینوا تا ۳۰ روز پس از ظهور (در مقایسه با سایر دوره‌ها) بسیار کند و از روز ۳۰ تا ۹۰ دارای سرعت رشد بیش‌تر و سپس کاهش می‌یابد، این کاهش رشد (پس از ۹۰ روز) ممکن است به‌دلیل شروع مرحله رشد زایشی گیاه باشد که موجب تخصیص بخش اعظم فتواسیمیلات‌ها برای نمو و تجمع در بذر می‌گردد (de Oliveira Vergara *et al*., 2019). از این‌رو به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل کند بودن سرعت رشد کینوا در ابتدای فصل رشد، در شرایط عدم کنترل علف‌هرز (تیمار شاهد)، علف‌های‌هرز در رقابت با کینوا موفق‌تر عمل نموده و از طریق سایه‌اندازی و استفاده بیش‌تر از منابع موجود (آب، مواد غذایی، نور، فضا و غیره) موجب کاهش رشد و ارتفاع بوته‌های کینوا شد؛ درحالی‌که تیمارهای مبارزه با علف‌های‌هرز، از طریق کاهش رقابت بین علف‌های‌هرز و کینوا بویژه در ابتدای فصل رشد (در زمان رشد کند کینوا)، تأثیر منفی علف‌های‌هرز بر رشد کینوا را کاهش داده‌اند.

تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ کینوا

منطقه کشت، الگوی کشت و کنترل علف‌هرز به‌طور معنی‌داری تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ کینوا را تحت تأثیر قرار

دادند. در حالی‌که اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه آن‌ها تأثیری بر این شاخص‌ها نداشت ($P\leq0.01$) (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، صفات تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ در گیاهان رشد کرده تحت شرایط آب و هوایی کهنوج به‌ترتیب به‌میزان ۸/۹ و ۷/۵ درصد بیش‌تر از جیرفت بود. از آن‌جایی که میانگین ارتفاع بوته کینوا در کهنوج بیش‌تر از جیرفت بود و به‌دلیل وجود همبستگی نزدیک بین دو شاخص ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته (Javanmard *et al*., 2015)، افزایش تعداد برگ در بوته‌های دارای ارتفاع بیش‌تر نسبت به بوته‌های کوتاه‌تر توجیه‌پذیر می‌باشد. بررسی تأثیر الگوی کشت بر شاخص تعداد برگ در بوته حاکی از آن است که با افزایش تراکم کینوا در کشت مخلوط، تعداد برگ در بوته افزایش یافت و به بیش‌ترین میزان خود (۳۸ عدد) در کشت مخلوط با تراکم ۵:۳۰ بوته رسید (شکل ۲a). هم‌چنین، بیش‌ترین شاخص سطح برگ به‌طور مشابه (به‌میزان ۳/۵) در کشت خالص کینوا و کشت مخلوط با تراکم ۵:۲۰ و ۵:۳۰ بوته در مترمربع مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با بقیه تیمارها نشان داد (شکل ۲b).



شکل ۲- اثر الگوی کشت بر تعداد برگ در بوته (a) و شاخص سطح برگ (b) کینوا

*- میانگین‌هایی با حروف مشابه با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. MQ: کشت خالص کینوا و حروف D5، D10، D15، D20 و D30 به‌ترتیب الگوهای کشت مخلوط کینوا: سیب‌زمینی با تراکم‌های ۵:۵، ۵:۱۰، ۵:۱۵، ۵:۲۰ و ۵:۳۰ بوته در مترمربع می‌باشند.

Figure 2- The effect of planting pattern on number of leaves per plant (a) and leaf area index (b)

Means with the same letter are not significantly difference according to LSD test at p<0.05. MQ: quinoa sole cropping and D5, D10, D15, D20 and D30 letters are intercropping patterns of quinoa: potato at densities of 5:5, 10:5, 15:5, 20:5 and 30:5 plants per m^{-2}, respectively.

به‌نظر می‌رسد افزایش تراکم بوته کینوا در کشت مخلوط موجب افزایش شدت رقابت بین گیاهان در جذب نور شده و این موضوع می‌تواند موجب افزایش تعداد برگ و بیش‌ترشدن شاخص سطح برگ شود (Adeniyan *et al*., 2007). اگرچه تیمارهای کنترل علف‌هرز (وجین‌دستی و کاربرد علف‌کش پاراکوات) موجب افزایش معنی‌دار هر دو شاخص در مقایسه با تیمار عدم کنترل علف‌هرز (شاهد) گردید، تأثیر وجین‌دستی علف‌هرز نسبت به کاربرد علف‌کش در افزایش سطح و شاخص سطح برگ بیش‌تر بود که این احتمالاً به‌دلیل تعداد دفعات بیش‌تر و زمان مناسب‌تر انجام عملیات مبارزه با علف‌های‌هرز در روش وجین‌دستی نسبت به کاربرد علف‌کش پاراکوات می‌باشد (جدول ۴). علف‌های‌هرز از طریق سایه‌اندازی و کاهش منابع غذایی و میزان نور در دسترس گیاه زراعی (Jabran and Chauhan, 2018

Zimdahl, 2007;)، شاخص‌های رشد گیاه زراعی از جمله تعداد برگ و شاخص سطح برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهند. لذا به‌نظر می‌رسد که مبارزه با علف‌های‌هرز در کشت مخلوط کینوا و سیب‌زمینی باعث کاهش شدت رقابت بین کینوا و علف‌های‌هرز در جذب منابع موجود شده و در نتیجه بوته‌های کینوا به‌دلیل جذب مواد غذایی موجود در ریزوسفر، رطوبت، فضا و نور کافی از رشد مطلوبی برخوردار شده که این امر موجب افزایش تعداد و شاخص سطح برگ در تیمارهای کنترل علف‌هرز در مقایسه با تیمار شاهد شده است.

زمان رسیدن به گلدهی، بلوغ سنبله و برداشت کینوا

تأثیر منطقه کشت بر شاخص‌های زمان رسیدن به ۵۰ درصد گلدهی، بلوغ سنبله ($P\leq0.01$) و زمان برداشت ($P\leq0.05$) کینوا معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین، زمان رسیدن به ۵۰ درصد گلدهی، بلوغ سنبله و برداشت کینوا در جیرفت به‌طور معنی‌دار طولانی‌تر از کهنوج بود. به‌عبارت دیگر مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد گلدهی در جیرفت ۱۱/۸ درصد، زمان بلوغ سنبله ۶/۷ درصد و زمان برداشت ۴/۵ درصد بیش‌تر از کهنوج به‌طول انجامید که می‌تواند به‌دلیل هوای گرم‌تر کهنوج نسبت به جیرفت باشد، به‌طوری‌که میانگین دمای کهنوج و جیرفت در طی ماه‌های اجرای این پژوهش به‌ترتیب ۲۰/۳ و ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد بود. به‌نظر می‌رسد که شاخص‌های زمان گلدهی، بلوغ سنبله و برداشت کینوا بیش‌تر تحت تأثیر ژنتیک (نوع رقم) و عوامل اقلیمی از قبیل درجه‌حرارت، بارندگی و میزان ساعات آفتابی باشند و کمتر تحت تأثیر تراکم کاشت در واحد سطح قرار گیرند. در این مورد، بررسی ۱۰ رقم کینوا در دو منطقه مختلف نشان داد که زمان بلوغ کینوا تحت تأثیر دمای محیط قرار گرفت و زمان رسیدن به بلوغ در همه ارقام کینوا مورد مطالعه در مکان گرم‌تر (بیش‌تر بودن میانگین دمای حداقل و حداکثر)، نسبت به مکان خنک‌تر کمتر بود (Katwal and Bazile, 2020). در پژوهش حاضر نیز به‌دلیل بیش‌تر بودن میانگین دمای حداقل و حداکثر کهنوج نسبت به جیرفت، زمان بلوغ کینوا در کهنوج سریع‌تر از جیرفت اتفاق افتاد. هم‌چنین، نتایج این پژوهش مبنی بر عدم تأثیر کشت مخلوط بر زمان گلدهی، زمان بلوغ سنبله و زمان برداشت کینوا با نتایج گزارش شده در کشت‌های مخلوط نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) با ذرت (Mpangane, 2000) و ذرت و سویا (*Glycine max* L.) (Osang *et al*., 2015)، همخوانی دارد.

میانگین وزن بذر کینوا در بوته

منطقه کشت، کنترل علف‌هرز، الگوی کشت و برهمکنش منطقه کشت × الگوی کشت، میانگین وزن بذر کینوا در بوته را تحت تأثیر قرار داد ($P\leq0.01$) (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر ساده منطقه کشت، میانگین وزن بذر در بوته تحت شرایط آب و هوایی کهنوج بیش‌تر از جیرفت بود (جدول ۳). کنترل علف‌هرز با دو روش وجین‌دستی و کاربرد علف‌کش پاراکوات به‌ترتیب موجب افزایش ۹/۸ و ۶/۵ درصدی میانگین وزن بذر کینوا در بوته نسبت به شرایط عدم کنترل علف‌هرز (شاهد) گردید (جدول ۴). در دو مطالعه جداگانه مبارزه با علف‌های‌هرز (وجین‌دستی و کاربرد علف‌کش) موجب افزایش عملکرد دانه ذرت (در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)) و ماش (*Vigna radiata* L.) (در کشت مخلوط با ذرت) شد (Gomes *et al*., 2007; Bibi *et al*., 2020). عملکرد دانه وابسته به رشد مناسب برگ‌ها، ساقه‌ها، گل‌ها و باروری کامل آن‌ها، عرضه مستمر مواد پرورده و غیره می‌باشد (Saeidi *et al*., 2020). به‌نظر می‌رسد که کنترل علف‌های‌هرز در کشت مخلوط کینوا و سیب‌زمینی احتمالاً موجب کاهش رقابت و تخصیص بیش‌تر منابع موجود به کینوا شده که درنتیجه آن به‌دلیل افزایش شاخص‌های رشدی گیاه از قبیل ارتفاع بوته، شاخه فرعی، شاخص سطح برگ و تعداد برگ، دریافت نور توسط بوته‌های کینوا تحت تیمارهای وجین‌دستی و کاربرد علف‌کش در مقایسه با تیمار شاهد بیش‌تر بوده و در نتیجه به‌دلیل میزان فتوسنتز بیش‌تر، سرعت رشد گیاه و تجمع ماده خشک نیز افزایش یافته که نهایتاً موجب افزایش عملکرد دانه کینوا شده است. از سوی دیگر، در شرایط عدم کنترل علف‌هرز، جذب نور و مواد غذایی توسط گیاه کینوا به‌دلیل رقابت بین علف‌های‌هرز و گیاه زراعی کاهش یافته و کمبود مواد غذایی ایجاد شده احتمالاً باعث عدم تکامل و توسعه دانه‌ها و درنتیجه موجب کاهش میانگین وزن دانه در هر بوته گردید. براساس نتایج، افزایش تراکم کاشت کینوا در کشت مخلوط با سیب‌زمینی (از ۵ تا ۲۰ بوته در متر مربع) موجب افزایش میانگین وزن بذر در بوته در هر دو مکان شد؛ به‌طوری‌که میانگین وزن بذر در بوته در کشت مخلوط با تراکم ۵:۲۰ بوته در مترمربع (با ۱۹ گرم بذر در هر بوته) اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد و کم‌ترین میزان این شاخص در کشت مخلوط با تراکم ۵:۵ بوته در مترمربع (۱۳/۹ گرم در گیاه) حاصل گردید (شکل ۳). هم‌چنین نتایج بررسی برهمکنش منطقه کشت و الگوی کشت بر میانگین وزن بذر نشان داد که بیش‌ترین (۱۹/۶۴ گرم) و کم‌ترین (۱۳/۳۱ گرم) میزان این شاخص به‌ترتیب متعلق به تیمارهای کشت مخلوط با تراکم ۵:۲۰ بوته در مترمربع در کهنوج و تراکم ۵:۵ بوته در مترمربع در جیرفت بود (شکل ۳). افزایش تراکم کلزا (*Brassica napus* L.) در کشت مخلوط کلزا و باقلا (*Vicia faba* L.) موجب افزایش تعداد غلاف در هر گیاه، تعداد دانه در هر غلاف و وزن هزار دانه گردید (Zabih and Saeedipour, 2015)، که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. به‌نظر می‌رسد بیش‌تر بودن میانگین وزن بذر در بوته در کشت مخلوط کینوا و سیب‌زمینی با تراکم ۵:۲۰ بوته در مترمربع نسبت به تراکم ۵:۵ بوته در مترمربع، به‌دلیل بیش‌تر بودن تعداد برگ و شاخص سطح برگ در این تیمار و به‌تبع آن افزایش میزان فتوسنتز بوده که منجر به افزایش

میانگین وزن بذر گردید. هم‌چنین هر دو شاخص تعداد برگ و سطح برگ در کهنوج به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از جیرفت بوده که نتایج به‌دست آمده مبنی بر بیش‌تر بودن میانگین بذر در بوته در این مکان را نسبت به جیرفت توجیه می‌نماید.

لازم به ذکر است که هرچند بیش‌ترین میانگین وزن بذر در بوته در کشت مخلوط با تراکم ۵:۲۰ بوته در مترمربع حاصل گردید؛ با این وجود بیش‌ترین میزان عملکرد کینوا (۴۹۵۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کشت خالص و کشت مخلوط با تراکم ۵:۳۰ بوته در مترمربع (۴۸۶۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. از آن‌جایی‌که میزان عملکرد کل تحت تأثیر میانگین وزن بذر در بوته و تعداد بوته در واحد سطح (مترمربع) می‌باشد، لذا با وجود کمتر بودن میانگین وزن بذر در بوته در این دو تیمار، بیش‌تر بودن عملکرد آن‌ها به‌دلیل تعداد بوته بیش‌تر در واحد سطح (۱۰ بوته بیش‌تر از تیمار کشت مخلوط با تراکم ۵:۲۰ بوته در مترمربع) قابل‌توجیه می‌باشد.

تراکم علف‌های‌هرز در زمان‌های گلدهی و قبل از برداشت

اثر منطقه کشت، الگوی کشت، کنترل علف‌هرز و برهمکنش کنترل علف‌هرز× الگوی کشت بر تراکم علف‌های‌هرز در زمان‌های گلدهی و قبل از برداشت معنی‌دار بود ($P\leq0.01$) (شکل ۴). بررسی میزان تراکم علف‌های‌هرز در هر دو زمان اندازه‌گیری، بیانگر بیش‌تر بودن تراکم علف‌های‌هرز در کهنوج نسبت به جیرفت بود. از آن‌جایی‌که تمام اقدامات در مراحل کاشت، داشت و برداشت در دو منطقه مورد بررسی به‌صورت مشابه انجام پذیرفت، تفاوت مشاهده‌شده در میزان تراکم علف‌های‌هرز در دو مکان مورد مطالعه می‌تواند به اختلاف در بانک بذر علف‌های‌هرز در دو منطقه نسبت داده شود. در بین تیمارهای کنترل علف‌های‌هرز، بیش‌ترین میزان تراکم علف‌های‌هرز در زمان‌های مورد اندازه‌گیری مربوط به تیمار شاهد (عدم کنترل علف‌هرز) بود. انجام عمل وجین‌دستی علف‌هرز تأثیر بیش‌تری در کاهش این شاخص نسبت به کاربرد علف‌کش پاراکوات داشت. نتایج هم‌چنین بیانگر وجود رابطه معکوس بین میزان تراکم علف‌های‌هرز و تراکم کینوا در کشت مخلوط کینوا با سیب‌زمینی بود (شکل ۴). به‌عبارت دیگر، با افزایش تراکم کینوا (از ۵ تا ۳۰ بوته در مترمربع) در کشت مخلوط با سیب‌زمینی میزان تراکم علف‌های‌هرز کاهش پیدا کرد و هم‌چنین افزایش تراکم کینوا در کشت مخلوط موجب کاهش تراکم علف‌های‌هرز نسبت به تک کشتی هر دو گیاه کینوا و سیب‌زمینی شد که این امر نشان از اثر تسهیل‌کنندگی کینوا در کاهش تراکم علف‌های‌هرز و کم کردن رقابت آن‌ها با سیب‌زمینی دارد. این اثر گیاهان کینوا بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز حتی در شرایط عدم کنترل علف‌های‌هرز مشهود بوده و اثر مثبت کشت مخلوط سیب‌زمینی با کینوا را توجیه می‌نماید.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کشت مخلوط سیب‌زمینی و کینوا بر صفات مورد ارزیابی کینوا

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of potato and quinoa intercropping on studied traits of quinoa

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته Leaves per plant	شاخص سطح برگ Leaf area index	زمان گلدهی Flowering time	زمان بلوغ سنبله Spike maturity time	زمان برداشت Harvesting time	میانگین بذر در بوته Average of grains weight per plant	عملکرد کینوا Quinoa yield
منطقه کشت Planting region (A)	1	5897.997**	359.23**	2.356**	1040.06**	3821.732**	1002.78*	8.826**	290.45*
خطای اصلی Error a	6	0.495	15.78	0.017	3.04	0.888	126.61	0.221	28.68
روش کنترل علف‌هرز Weeds control method (B)	2	270.372**	140.69**	1.053**	1.26 ns	0.089 ns	6.19 ns	27.830**	11925.97**
A× B	2	106.471**	2.03 ns	0.001 ns	5.69 ns	0.110 ns	25.44 ns	0.121 ns	9.39 ns
خطای فرعی Error b	12	0.444	7.55	0.023	3.70	0.380	32.82	1.038	165.83
الگوی کشت Planting pattern (C)	5	0.832 ns	29.51**	0.173**	1.17 ns	0.037 ns	4.89 ns	73.924**	760939.57**
A× C	5	0.146 ns	5.58 ns	0.032 ns	0.56 ns	0.056 ns	7.79 ns	4.724**	2045.76**
B × C	10	0.482 ns	8.16 ns	0.059 ns	1.59 ns	0.039 ns	6.49 ns	2.069 ns	1263.95**
A × B × C	10	0.541 ns	1.18 ns	0.033 ns	1.84 ns	0.033 ns	6.89 ns	0.532 ns	186.56 ns
خطای باقیمانده Error	90	0.556	8.11	0.033	6.62	0.620	55.39	1.265	172.06
ضریب تغییرات C.V (%)		3.5	7.7	5.5	5.3	3.7	6.2	7.0	4.3

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ ٪

ns, * and ** are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی منطقه کشت بر ویژگی‌های مختلف کینوا و عملکرد سیب‌زمینی

Table 3- Mean comparison for the effect of planting region on different characteristics of quinoa and potato yield

منطقه کاشت Planting region	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Leaves per plant (#)	شاخص سطح برگ Leaf area index	زمان ۵۰ ٪ گلدهی 50% flowering time (days)	زمان بلوغ سنبله Spike maturity time (days)	زمان برداشت Harvesting time (days)	میانگین بذر در بوته Average of grains weight per plant ($g.plant^{-1}$)	عملکرد سیب‌زمینی Potato yield ($kg.m^{-2}$)
جیرفت Jiroft	120.6	35.55	3.31	50.9	108.6	122.3	15.9	3.46
کهنوج Kahnooj	123.7	38.71	3.56	45.5	101.7	117.0	16.4	3.51
LSD (5 %)	1.52*	0.94	0.06	0.85	1.32	2.46	0.37	0.07

* در هر ستون، میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD کمتر باشد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

*In each column, means that their difference is lower than LSD have no significant difference at 5% probability level.

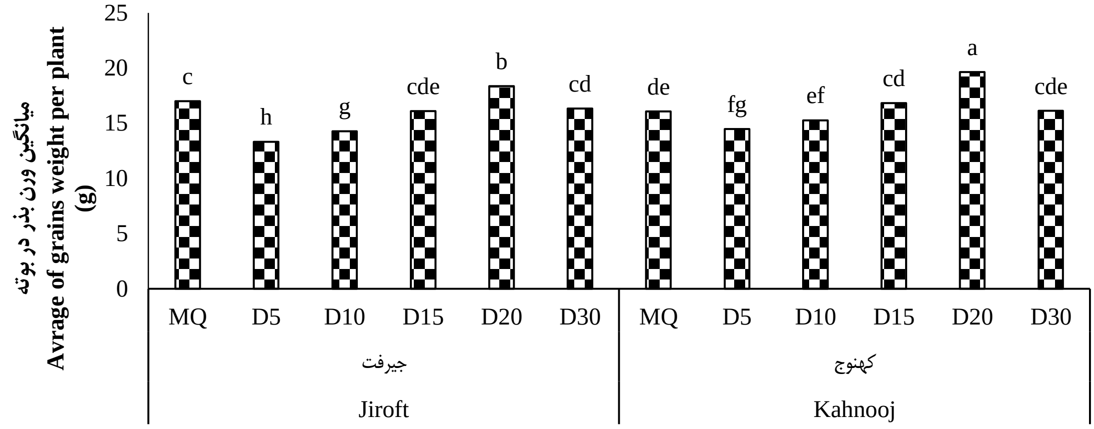
جدول ٤- مقایسه میانگین اثر اصلی کنترل علف‌هرز بر ویژگی‌های مختلف کینوا و عملکرد سیب‌زمینی

Table 4- Mean comparison for the effect of weeds control on different characteristics of quinoa and potato yield

روش کنترل علف‌هرز Weed control method	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Leaves per plant (#)	شاخص سطح برگ Leaf area index	زمان ۵۰ ٪ گلدهی 50% flowering time (days)	زمان بلوغ سنبله Spike maturity time (days)	زمان برداشت Harvesting time (days)	میانگین بذر در بوته Average of grains weight per plant ($g. plant^{-1}$)	عملکرد سیب‌زمینی Potato yield ($kg.m^{-2}$)
شاهد Control	108.81	35.33	3.27	48.02	105.41	120.0	15.3	2.77
علف‌کش Herbicide	126.94	37.31	3.46	48.33	104.96	119.2	16.3	3.77
وجین‌دستی Manual weeding	131.32	38.74	3.56	48.25	105.08	119.54	16.8	3.92
LSD (5 %)	1.86*	1.15	0.07	1.04	1.62	3.01	0.45	0.09

* در هر ستون، میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD کمتر باشد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

* In each column, means that their difference is lower than LSD have no significant difference at 5% probability level.

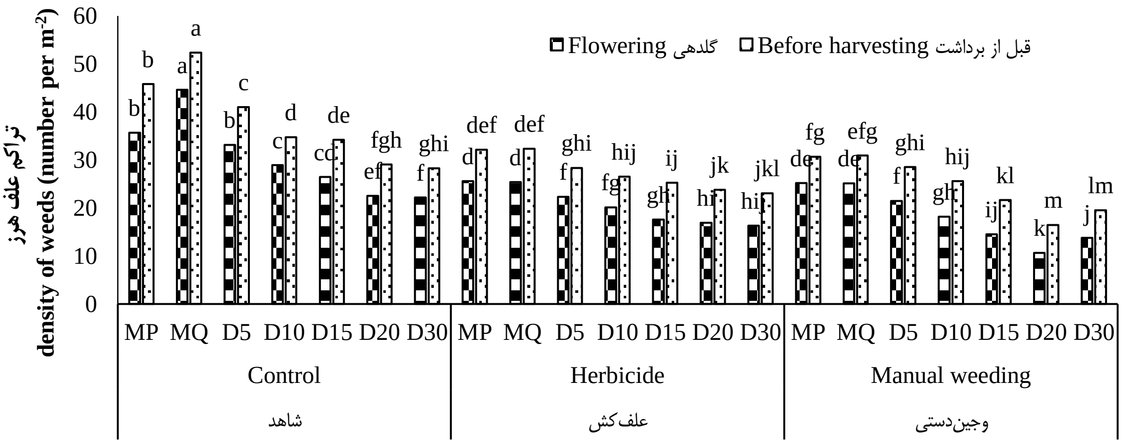


شکل ۳- اثر برهمکنش منطقه کشت و الگوی کشت بر میانگین وزن بذر در بوته کینوا

*- میانگین‌هایی با حروف مشابه با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. MQ: کشت خالص کینوا و حروف D5، D10، D15، D20 و D30 به‌ترتیب الگوهای کشت مخلوط کینوا: سیب‌زمینی با تراکم‌های ۵:۵، ۵:۱۰، ۵:۱۵، ۵:۲۰ و ۵:۳۰ بوته در مترمربع می‌باشند.

Figure 3- The interaction effect of region and planting pattern on average of grains weight per plant

Means with the same letters are not significantly difference by using LSD test at p<0.05. MQ: quinoa sole cropping and D5, D10, D15, D20 and D30 letters are intercropping patterns of quinoa: potato at densities of 5:5, 10:5, 15:5, 20:5 and 30:5 plants per m^{-2}, respectively.



شکل ٤- برهمکنش کنترل علف‌هرز و الگوی کشت بر تراکم علف‌هرز در زمان‌های گلدهی و قبل از برداشت

*- میانگین‌هایی با حروف مشابه با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. MQ: کشت خالص کینوا: MP: کشت خالص سیب‌زمینی و حروف D5، D10، D15، D20 و D30 به‌ترتیب الگوهای کشت مخلوط کینوا: سیب‌زمینی با تراکم‌های ۵:۵، ۵:۱۰، ۵:۱۵، ۵:۲۰ و ۵:۳۰ بوته در مترمربع می‌باشند.

Figure 4- The interaction effect of weeds control and planting pattern on weeds density at flowering and prior- harvest times

Means with the same letters are not significantly difference by using LSD test at p<0.05. MQ: quinoa sole cropping; MP: potato sole cropping and D5, D10, D15, D20 and D30 letters are intercropping patterns of quinoa: potato at densities of 5:5, 10:5, 15:5, 20:5 and 30:5 plants per m^{-2}, respectively.

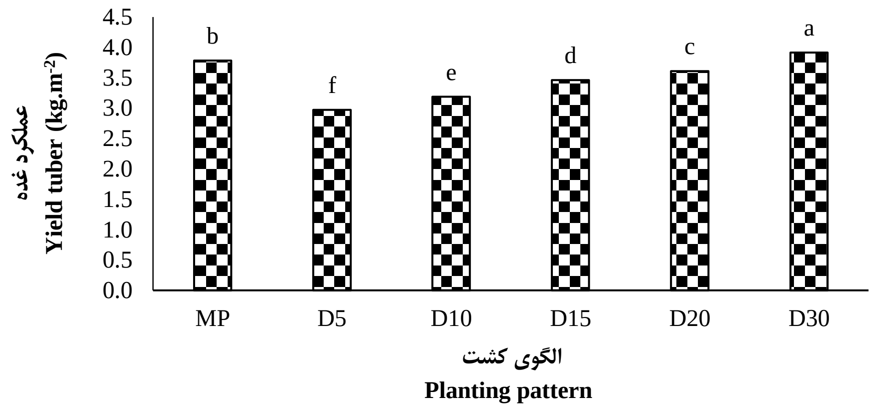
براساس نتایج برهمکنش کنترل علف‌هرز × الگوی کشت، بیش‌ترین میزان تراکم علف‌های‌هرز در هر دو زمان اندازه‌گیری مربوط به کشت خالص کینوا در شرایط عدم کنترل علف‌های‌هرز بود؛ درحالی‌که کم‌ترین میزان این شاخص مربوط به‌ترتیب مربوط به کشت‌های مخلوط با تراکم ۵:۲۰ و ۵:۳۰ بوته در مترمربع تحت شرایط انجام عمل وجین‌دستی علف‌هرز بود (شکل ۴).

در پژوهش حاضر، به‌نظر می‌رسد تأثیر بیش‌تر تیمار وجین‌دستی نسبت به کاربرد علف‌کش پاراکوات در کاهش رشد علف‌های‌هرز به‌دلیل تفاوت در تعداد دفعات و زمان انجام عملیات کنترل باشد؛ به گونه‌ای‌که وجین‌دستی علف‌های‌هرز در دو مرحله و در طی یک ماه پس از کشت انجام پذیرفت؛ درحالی‌که کاربرد علف‌کش پاراکوات تنها یک مرحله در ابتدای فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت، و لذا در

تیمار وجین‌دستی اجازه رشد به علف‌های‌هرز کمتر داده شد. در پژوهش‌های مختلف تأثیر مثبت کشت مخلوط بر کاهش میزان تراکم علف‌های‌هرز نسبت به سیستم تک‌کشتی (Bibi *et al*., 2020) گزارش شده است. در کشت خالص، شرایط آلودگی مزرعه به علف‌های‌هرز به‌دلیل وجود فضاهای خالی موجود برای جوانه‌زنی علف‌هرز، فراهم می‌باشد (Bibi *et al*., 2020). افزایش پوشش گیاهی و در نتیجه‌ی آن افزایش رقابت در سیستم کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص موجب کاهش تعداد و میزان رشد علف‌های‌هرز می‌گردد (Schippers and Kropff, 2001). لذا کشت مخلوط از طریق ایجاد پوشش گیاهی مناسب در واحد سطح موجب اشغال سریع نیچ خالی بین گیاهان زراعی شده و از این طریق در فرآیندهای جوانه‌زنی بذور و رشد و نمو علف‌های‌هرز اختلال ایجاد می‌کند (Den Hollander *et al*., 2007)، و به‌تبع آن میزان تراکم علف‌های‌هرز کاهش می‌یابد.

عملکرد سیب‌زمینی

اثر اصلی کنترل علف‌هرز و الگوی کشت و اثرات متقابل دوگانه الگوی کشت × کنترل علف‌هرز و منطقه کشت × الگوی کشت و اثر سه‌گانه آن‌ها به‌طور معنی‌داری، عملکرد غده سیب‌زمینی را تحت تأثیر قرار دادند. براساس نتایج، تیمارهای وجین‌دستی علف‌هرز و کاربرد علف‌کش پاراکوات به‌ترتیب موجب افزایش ۴۱/۵ و ۳۶/۱ درصدی عملکرد غده نسبت به تیمار شاهد (عدم کنترل علف‌هرز) گردید (جدول ۴). در واقع کنترل علف‌های هرز از طریق کاهش رقابت اعمال شده توسط علف‌های هرز در شرایط تک کشتی و کشت مخلوط موجب افزایش عملکرد سیب‌زمینی شده است. عملکرد غده سیب‌زمینی تحت تأثیر میزان تراکم بوته کینوا در کشت مخلوط قرار گرفت. با افزایش تراکم کینوا از ۵ تا ۳۰ بوته در مترمربع در کشت مخلوط با سیب‌زمینی، عملکرد غده سیب‌زمینی افزایش یافت (شکل ۵)؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عملکرد غده سیب‌زمینی (به‌میزان ۳/۹۱ کیلوگرم در مترمربع) در کشت مخلوط با تراکم ۵:۳۰ بوته در مترمربع حاصل شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد (شکل ۵). به‌طورکلی در بین ترکیبات تیماری مختلف اعمال شده، بالاترین میزان عملکرد غده سیب‌زمینی (به‌میزان ۴/۵۴ کیلوگرم در مترمربع) در تیمار کشت مخلوط با تراکم ۵:۲۰ با انجام عملیات وجین‌دستی در کهنوج به‌دست آمد.



شکل ۵- اثر الگوی کشت بر عملکرد غده سیب‌زمینی

*- میانگین‌هایی با حروف مشابه با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. MP: کشت خالص سیب‌زمینی و حروف D5، D10، D15، D20 و D30 به‌ترتیب الگوهای کشت مخلوط کینوا: سیب‌زمینی با تراکم‌های ۵:۵، ۵:۱۰، ۵:۱۵، ۵:۲۰ و ۵:۳۰ بوته در مترمربع می‌باشند.

Figure 5- The effect of planting pattern on yield tuber

Means with the same letters are not significantly different by using LSD test at $p<0.05$. MP: potato sole cropping and D5, D10, D15, D20 and D30 letters are intercropping patterns of quinoa: potato at densities of 5:5, 10:5, 15:5, 20:5 and 30:5 plants per m^{-2}, respectively.

با افزایش تراکم کینوا در کشت مخلوط، عملکرد غده سیب‌زمینی افزایش یافت که به‌نظر می‌رسد افزایش تراکم بوته کینوا منجر به پوشش بیش‌تر سطح خاک و سایه‌اندازی شده که احتمالاً موجبات کاهش دمای خاک و هم‌چنین کاهش تبخیر از خاک را محقق ساخته و در نتیجه شرایط بهبود رشد بوته‌ها و عملکرد سیب‌زمینی را در تراکم‌های بالای کشت مخلوط با کینوا در مقایسه با تراکم‌های پایین فراهم نموده است. در یک تحقیق در کشت مخلوط سیب‌زمینی با دو نوع لگوم شامل لوبیا لیما (*Phaseolus lunatus* L.) و گیاه (*Lablab purpureous* L.) مشخص شد کشت مخلوط منجر به ۷/۳ درجه سانتی‌گراد دمای خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر شد. این موضوع منجر به افزایش ۳۸ درصدی در محتوای رطوبتی خاک، و افزایش ۵۶ تا ۷۳ درصدی کارایی مصرف تشعشع گردید (Nyawade *et al*., 2019). کارایی استفاده از تشعشعی که منجر به تولید ماده خشک سیب‌زمینی می‌گردد، ارتباط عمده‌ای با دمای خاک

و محتوای رطوبت آن دارد (Rykaczewska, 2015). در شرایط کمبود آب گیاهان سیب‌زمینی برگ‌های خود را به شکل فنجانی درآورده و منجر به کاهش کارایی مصرف تشعشع و هم‌چنین کاهش جذب آب می‌گردد. دمای بالای سطح خاک تأثیر منفی بر عملکرد سیب‌زمینی دارد (Liao *et al*., 2016). افزایش دمای خاک در ریزوسفر سیب‌زمینی منجر به ایجاد تنش و کاهش عملکرد غده‌ها می‌شود (Thornton *et al*. 1996). در مجموع به‌نظر می‌رسد افزایش میزان تولید محصول سیب‌زمینی در سیستم چند کشتی در مقایسه با تک‌کشتی، به وجود اختلاف‌های مورفولوژیک و نیازهای غذایی متفاوت گیاهان سیب‌زمینی و کینوا و در پی آن بهره‌گیری بهتر از عوامل محیطی (نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک) مرتبط می‌باشد.

شاخص نسبت برابری زمین (LER)

به‌منظور بررسی میزان بهره‌وری کشت مخلوط، از شاخص‌های مختلف سودمندی استفاده می‌شود که در بین این شاخص‌ها، نسبت برابری زمین در ارزیابی مزیت سیستم کشت مخلوط نسبت به سیستم تک‌کشتی بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ahmadvand and Hajinia, 2016). براساس نتایج، با افزایش تراکم کینوا در کشت مخلوط روند افزایشی در LER کل (مجموع دو گیاه) مشاهده شد (جدول ۵): به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان این شاخص (۲/۱۰) تحت تیمار کشت مخلوط ۳۰:۵ بوته در مترمربع در کهنوج حاصل شده است. مقادیر LER کل تحت کلیه تیمارهای کشت مخلوط (به‌جز در تراکم ۵:۵ بوته در متر مربع) بالاتر از یک بود که بیانگر برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌باشد، که این برتری در پژوهش حاضر می‌تواند به‌دلیل وجود اختلافات مورفولوژیک دو گونه سیب‌زمینی و کینوا باشد که این امر موجب ایجاد اشکوب‌های مختلف و بهره‌برداری بهینه از منابع موجود شده است.

جدول ۵- مقادیر LER کل در تیمارهای کشت مخلوط کینوا و سیب‌زمینی

Table 5- Total land equivalent ratio (LER) of quinoa and potato in intercropping treatments

الگوی کشت Planting pattern	کنترل علف‌هرز Weed control	منطقه کشت Planting region جیرفت Jiroft	 کهنوج Kahnooj
D_5	شاهد Control	0.89	1.07
D_{10}		0.99	1.27
D_{15}		1.23	1.71
D_{20}		1.53	1.80
D_{30}		2.05	2.10
D_5	علف‌کش Herbicide	0.90	0.92
D_{10}		1.19	1.25
D_{15}		1.34	1.46
D_{20}		1.64	1.85
D_{30}		1.99	2.05
D_5	وجین‌دستی Manual weeding	0.99	0.85
D_{10}		1.06	1.12
D_{15}		1.38	1.44
D_{20}		1.67	1.87
D_{30}		1.96	2.01

*- حروف D5، D10، D15، D20 و D30 به‌ترتیب الگوهای کشت مخلوط کینوا: سیب‌زمینی با تراکم‌های ۵:۵، ۱۰:۵، ۱۵:۵، ۲۰:۵ و ۳۰:۵ بوته در مترمربع می‌باشند.

D5, D10, D15, D20 and D30 letters are intercropping patterns of quinoa: potato at densities of 5:5, 10:5, 15:5, 20:5 and 30:5 plants per m^{-2}, respectively.

نتیجه‌گیری

با هدف دستیابی به کشاورزی پایدار، گسترش راهکارهای زراعی از قبیل کشت مخلوط گیاهان زراعی در جهت مدیریت مناسب علف‌های‌هرز، کاهش مصرف سموم شیمیایی و افزایش تولید در واحد سطح ضروری می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که شرایط آب و هوایی کهنوج جهت کشت کینوا مناسب‌تر از جیرفت می‌باشد. هم‌چنین، هرچند انجام عملیات وجین‌دستی وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌باشد؛ با این وجود تأثیر بهتری نسبت به کاربرد علف‌کش پاراکوات بر تمام شاخص‌های رشدی گیاه جدید کینوا و عملکرد آن داشت. براساس نتایج، رابطه معکوسی بین تراکم کینوا در کشت مخلوط کینوا با سیب‌زمینی و میزان تراکم علف‌های‌هرز وجود داشت. کشت مخلوط کینوا با سیب‌زمینی موجب کاهش تراکم علف‌های هرز در مقایسه با شرایط تک‌کشتی هر دو گیاه شد که خود اثر مثبت کشت مخلوط دو گیاه را بدین لحاظ منعکس می‌کند. در مجموع نتایج تحقیق حاضر نشان داد کشت مخلوط این دو محصول با تراکم مطلوب از نظر اقتصادی نسبت به کشت خالص کینوا و هم‌چنین سیب‌زمینی مقرون به صرفه‌تر می‌باشد. در مجموع، باتوجه به سابقه بسیار طولانی کشت مخلوط کینوا و سیب‌زمینی در کشورهای

آمریکای جنوبی به‌عنوان منشأ هر دو گیاه و نتایج به‌دست آمده در این پژوهش امکان کشت مخلوط دو گیاه در دو منطقه جیرفت و کهنوج وجود دارد. با این وجود بررسی و مقایسه کشت مخلوط سیب‌زمینی با کینوا، ارزن و سورگوم در مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد.

References

1. Adeniyan, O. N., Akande, S. R., Balogun, M. O., and Saka, J. O. 2007. Evaluation of crop yield of African yam bean, maize and kenaf under intercropping systems. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environment Science 2 (1): 99-102.
2. Adolf, V. I., Jacobsen, S. E., and Shabala, S. 2012. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environmental and Experimental Botany 92: 43-54.
3. Afe, A. I., and Atanda, S. 2015. Percentage yield difference, an index for evaluating intercropping efficiency. American Journal of Experimental Agriculture 5 (5): 278-291.
4. Ahmadi, A., Rashed, M. M., Baghestani, M. M. and Rostami, M. 2004. The effects of critical period of weed competition on yield, yield components and morphophysiological characteristics of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar, derakhshan (KRD-29). Entomology and Phytopathology 72: 31-49.
5. Ahmadvand, G., and Hajinia, S. 2016. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7 (4): 485-498.
6. Anderson, R. L. 2005. A multi-tactic approach to manage weed population dynamics in crop rotations. Agronomy Journal 97 (6): 1579-1583.
7. Bastidas, E. G., Roura, R., Rizzolo, D. A. D., Massanés, T., and Gomis, R. 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from nutritional value to potential health benefits: an integrative review. Journal of Nutrition and Food Sciences 6 (3).
8. Bibi, S., Khan, I. A., Hussain, Z. A. H. I. D., Zaheer, S. A. J. J. A. D., and Shah, S. M. A. 2019. Effect of herbicides and intercropping on weeds and yields of maize and the associated intercrops. Pakistan Journal of Botany 51 (3): 1113-1120.
9. Bibi, S., Khan, I. A., Hussain, Z., Zaheer, S., Alsamadany, H., and Alzahrani, Y. 2020. Performance of mungbean under herbicide application and intercropping with maize. Pakistan Journal of Botany 52 (3): 873-877.
10. Bilalis, D., Papastylianou, P., Konstantas, A., Patsiali, S., Karkanis, A., and Efthimiadou, A. 2010. Weed-suppressive effects of maize–legume intercropping in organic farming. International Journal of Pest Management 56 (2): 173-181.
11. Bond, W., and Lenartsom, M. E. K. 1999. Organic weed control, back to the future. Proceedings of weed Conference, Brighton, pp. 929.
12. de Oliveira Vergara, R., Martins, A. B. N., Pedo, T., Radke, A. K., Gadotti, G. I., Villela, F. A., da Motta Xavier, F., Eberhardt, P. E. R., Cavalcante, J. A., and Meneguzzo, M. R. R. 2019. Plant growth and physiological quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds grown in Southern Rio Grande do Sul, Brazil. Australian Journal of Crop Science 13 (5): 678 p.
13. Den Hollander, N. G., Bastiaans, L., and Kropff, M. J. 2007. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design: I. Characteristics of several clover species. European Journal of Agronomy 26 (2): 92-103.
14. Gomes, J. K. O., Silva, P. S. L., Silva, K. M. B., Rodrigues Filho, F. F., and Santos, V. G. 2007. Effects of weed control through cowpea intercropping on maize morphology and yield. Planta Daninha 25 (3): 433-441.
15. Gomez, Pando, L. 2015. Quinoa Breeding. Quinoa: Improvement and Sustainable Production: 87-108.
16. González, J. A., Eisa, S. S., Hussin, S. A. E. S., and Prado, F. E. 2015. Quinoa: an Incan crop to face global changes in agriculture. In: Murphy, K. and Matangiihan, J. Quinoa: Improvement and sustainable production, John Wiley and Sons, Inc. p 1-18.
17. Guglielmini, A. C., Verdú, A. M. C., and Satorre, E. H. 2017. Competitive ability of five common weed species in competition with soybean. International Journal of Pest Management 63 (1): 30-36.
18. Hassanpanah, D., Kazemi, M., Mousapour Gorji, A., and Jalali, A. H. 2018. A comprehensive guide to modern potato cultivation. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) p. 323.
19. Horvatić, I., Kovačević, M., Jareš, D., Svečnjak, Z., Redovniković, I. R., and Uher, D. 2020. Influence of intercropping maize with climbing bean and fertilization with clinoptilolite on forage yield and quality. sa55, p.260.
20. Jabran, K., and Chauhan, B. S. 2018. Overview and Significance of Non-Chemical Weed Control. In Non-Chemical Weed Control (pp. 1-8).
21. Jamali, S., Sharifan, H., Hezarjaribi, A., and Sepahvand, N. A. 2016. The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of quinoa. Journal of Soil and Water Conservation 6: 98-110. (in Persian).
22. Javanmard, A., Arzheh, J., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Ezan, T. 2015. Evaluation of different intercropping patterns of forage sorghum (*Sorghum bicolor*) and vetch (*Vicia villosa*) different nitrogen fertilizer levels. Research in Field Crops 2 (2): 1-20.

23. Katwal, T. B., and Bazile, D. 2020. First adaptation of quinoa in the Bhutanese mountain agriculture systems. PloS one 15 (1), p.e0219804.
24. Kidane, B. Z., Hailu, M. H., and Haile, H. T. 2017. Maize and potato intercropping: a technology to increase productivity and profitability in tigray. Open Agriculture 2 (1): 411-416.
25. Korres, N. E. 2018. Agronomic Weed Control: A Trustworthy Approach for Sustainable Weed Management. In Non-Chemical Weed Control (pp. 97-114).
26. Li, L., Zhang, L., and Zhang, F. 2013. Crop mixtures and the mechanisms of over yielding. In: Levin S.A. (ed.) Encyclopedia of Biodiversity, second edition, Volume 2: 382-395. Waltham, MA: Academic Press.
27. Liao, X., Su, Z., Liu, G., Zotarelli, L., Cui, Y., and Snodgrass, C. 2016. Impact of soil moisture and temperature on potato production using seepage and center pivot irrigation. Agricultural Water Management 165: 230-236.
28. Liebman, M., Mohler, C. L., and Staver, C. P. 2004. Ecological management of agricultural weeds. Cambridge University Press, 532 pp.
29. Lowry, C. J., and Smith, R. G. 2018. Weed control through crop plant manipulations. In: Jabran, K. and Chauhan, B.S. Non-Chemical Weed Control pp. 73-96.
30. Makinde, E. A., Ayoola, O. T., and Makinde, E. A. 2009. Intercropping leafy greens and maize on weed infestation, crop development, and yield. International Journal of Vegetable Science 15 (4): 402-411.
31. Mpangane, P. N. Z. 2000. Grain yield, biological nitrogen fixation and insect-pest infestation in maize-diverse cowpea variety intercropping systems in the Northern Province (Doctoral dissertation, University of South Africa).
32. Nyawade, S. O., Karanja, N. N., Gachene, C. K. K. Gitari, H. I. Schulte- Geldermann, E., and Parker, M. 2019. Intercropping optimizes soil temperature and increases crop water productivity and radiation use efficiency of rainfed potato. American Journal of Potato Research 96: 457-471.
33. Osang, P. O., Richard, I. B., and Degri, M. M. 2015. Assessment of the agronomic performance of two varieties of soybean as influence by time of introduction of maize and cropping pattern. International Letters of Natural Sciences 4: 36-46.
34. Putnam, D. H., and Allan, D. L. 1992. Mechanisms for over yielding in a sunflower/mustard intercrop. Agronomy Journal 84 (2): 188-195.
35. Rykaczewska, K. 2015. The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. American Journal of Potato Research 92: 339-349.
36. Saeidi, S. M., Siadat, S. A., Moshatati, A., Moradi-Telavat, M. R., and Sepahvand, N. A. 2020. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rates on growth, seed yield and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Ahvaz. Iranian Journal of Crop Sciences 21 (4): 354-367. (in Persian).
37. Schippers, P., and Kropff, M. J. 2001. Competition for light and nitrogen among grassland species: a simulation analysis. Functional Ecology 155-164.
38. Sepahvand, N. A., Tavazoa, M., and Kahbazi, M. 2011. Adaptation and evaluation of quinoa, a valuable new crop in Iran. In: Proceedings of 2nd International Symposium on Underutilized Plant Species. Kuala Lumpur, Malaysia.
39. Seyedi, S. M., Rezvani, M. P., Ghorbani, R., and Nassiri, M. M. 2013. The effect of different weed-free and weed-infested periods on growth indices of Black seed (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 11 (3): 408-420. (in Persian).
40. Shahbazian, N., Allah-Moradi, E., and Kamkar, B. 2007. Introduction of amaranth and quinoa for stabilization of marginal lands in Iran. First National Conference on Ecology of Iran. 23 p. (in Persian).
41. Tavoosi, M., and Lotfali Ayeneh, Gh. A. 2017. Quinoa cultivation and the results of quinoa. Projects. Deputy of extension, Agricultural research, education and extension organization (AREEO), The Agricultural Education Publication, Karaj, Iran. pp 29. (in Persian).
42. Thornton, M. K., Malik, N. J., and Dwelle, R. B. 1996. Relationship between leaf gas exchange characteristics and productivity of potato clones grown at different temperatures. American Journal of Potato Research 73: 63-77.
43. Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., and Martínez, E. A. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture 90 (15): 2541-2547.
44. Walters, H., Carpenter-Boggs, L., Desta, K., Yan, L., Matanguihan, J., and Murphy, K. 2016. Effect of irrigation, intercrop, and cultivar on agronomic and nutritional characteristics of quinoa. Agroecology and Sustainable Food Systems 40 (8): 783-803.
45. Wang, N., Wang, F., Shock, C. C., Meng, C., and Qiao, L. 2020. Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality. Agronomy 10 (3): 445.
46. Zabih, V., and Saeedipour, S. 2015. Effect of different planting pattern of (rapeseed-broad bean) using replacement series method on yield performance of rapeseed and weed biomass. Journal of Agronomy 14 (4): 286-291.
47. Zimdahl, R. L. 2007. Weed-crop competition, a review. Oregon: International Plant Protection Center, Oregon State University. 196 pp.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 4, Winter. 2021, p. 451-464

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۴۶۴-۴۵۱

Effect of Weeds Control on Crop Growth and Yield in Additive Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and Potato (*Solanum tubersum* L.) Intercropping

M. Jalali[1], S. V. Eslami[2*], S. Mahmoodi[2], A. Aien[3]

Received: 21-09-2020
Accepted: 03-01-2021

Introduction

Intercropping system is the growth of two or more crops at the same time, which can lead to decreases in the risk of total crop reduction and increases in yield with control of weeds. Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) is a pseudo cereal with high nutritional value which is approximately a new crop in Iran. So, this research was conducted to assess the effects of additive intercropping of quinoa and potato (*Solanum tubersum* L.), and the methods of weeds control on yield and yield components of quinoa var. Titicaca in Jiroft and Kahnooj regions.

Materials and Methods

This study was carried out as split plot based on a randomized complete block design (RCBD) with four replications at Jiroft and Kahnooj regions. Therefore, weeds control treatments including control (no-hoeing), manual weeding (twice within 30 days after planting) and paraquat herbicide (3 days after planting of quinoa) were arranged in the main plots, while additive intercropping patterns at five levels (Q:P in the levels of 5:5, 10:5, 15:5, 20:5 and 30:5 plants per m^{-2}), quinoa sole cropping (30 plants per m^{-2}) and potato sole cropping (5 plants per m^{-2}) were located in sub-plots. The effects of quinoa and potato intercropping on plant height, leaves number per plant, leaf area, flowering time, spike maturity and quinoa harvest time, average of grain weight per plant, grain yield and density of weeds as well as potato tuber yield were measured at both regions. Data were analyzed as combined analysis of variance (ANOVA) using SAS ver. 9.2. Means were compared using the least significant difference (LSD) at the 5% level (P = 0.05).

Results and Discussion

The results showed that the effects of quinoa and potato intercropping had significant effects on some characteristics of quinoa including leaves number per plant, leaf area, average of grain weight per plant, grain yield of quinoa, tuber yield of potato and density of weeds. However, intercropping had no effect on some characteristics of quinoa such as plant height, flowering time, spike maturity and quinoa harvest time. Based on the results the highest (19 g per plant) and lowest (13.9 g per plant) average of grain weight per plant were obtained in 20:5 and 5:5 plants per m^{-2} treatments, respectively. Whereas, the highest grain yield (4957 and 4863 kg.ha^{-1}) were obtained in sole quinoa and 30:5 plants per m^{-2} treatments, respectively. The studied growth characteristics and grain rate per plant in Kahnooj were greater than those in Jiroft. Total land equivalent ratio (LER) index increased with increasing quinoa density in intercropping. The highest total LER was obtained in 30:5 plants per m^{-2} treatment in Kahnooj region. Moreover, the effect of manual weeding of weeds on the studied properties were more than that of the application of paraquat herbicide. The results also showed that the intercropping of quinoa and potato led to decreases in density of weeds at both flowering and before harvesting times. So that, the lowest density of weeds was related to the intercropping of quinoa and potato with densities of 20:5 and 30:5 plants per m^{-2} treatments. Whereas the highest rate of density of weeds were related to the sole cropping of quinoa and potato treatments, respectively. Moreover, the results showed that intercropping resulted in greater tuber yield of potato, so that the highest potato tuber yield was obtained in 30:5 treatments.

Conclusions

Based on the results, although the highest average grains per plant was obtained in the intercropping of 20:5 treatment, the yield of quinoa decreased with the intercropping of quinoa and potato compared with the quinoa sole cropping. Also, the additive intercropping led to decrease in the density of weeds. Although, it seems that for quinoa cropping the climate of Kahnooj is more suitable than Jiroft, the intercropping of potato and quinoa is suitable for Kahnooj and Jiroft regions.

Keywords: Manual weeding, Multiple-cropping system, Paraquat, Sole cropping, Weeds density

1- PhD student, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, University of Birjand
2- Associate Professor, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, University of Birjand
3- Assistant Professor, Centre of Research, Education and Natural Resources, South Kerman, Jiroft
(*- Corresponding Author Email: sveslami@birjand.ac.ir)